مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (10) العدد (8) 2026

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (8) 2026

استخدام الخوارزمية الجينية لتحسين خصائص شاشة العرض من البلورات السائلة

د. عصام غزولين *

(تاريخ الإيداع 2025/12/23 . قُبِل للنشر في 2026/5/4)

□ ملخّص □

في ستينيات القرن الماضي، حدثت قفزة تكنولوجية تمثلت بظهور بلورات البلورات السائلة والتي مثلت انفتاحاً على مجال كبير من التقنيات الحديثة كالآلات الحاسبة وأجهزة المحمول وغيرها من الأجهزة التي انتشرت على مجال واسع. ومنذ ذلك الوقت، ومع استمرار الأبحاث في مجال علم المواد بدأت عمليات التحسين والتطوير على تلك الشاشات من خلال رفع زمن الاستجابة وزيادة التباين وغيرها من الخصائص التي تؤثر على أداء وفعالية هذه الشاشات.

تشمل تقنيات تحسين شاشات LCD عدداً كبيراً من المجالات، منها التحسينات البصرية مثل كفاءة التعتيم الموضعي، والأفلام المُحسّنة للسطوع، والترابط البصري لتحسين التباين والرؤية. وتُعزى تحسينات الأداء إلى معدلات تحديث أعلى وتقنية زيادة الجهد لتقليل ضبابية الحركة وزمن الاستجابة. وتتضمن الطرق الأخرى استخدام مواد عالية الجودة، وتحسين بنية اللوحة التي تتحكم بعملية الإظهار، وتطبيق طبقات واقية أو وظيفية مثل الزجاج المضاد للتوهج أو المقاوم للتخريب.

يهدف البحث إلى إيجاد طريقة من أجل التحسين الحراري وتحسين زمن الاستجابة لشاشات البلورات السائلة وتحديد المعاملات المؤثرة على هذه العوامل واختيار الطريقة المناسبة من أجل رفع جودة وكفاءة هذه الشاشات.

الكلمات المفتاحية: شاشات البلورات السائلة،الخوارزمية الجينية، زمن الاستجابة، أنصاف النواقل، التعتيم الموضعي.

*أستاذ مساعد_ قسم هندسة الحوسبة والعلوم الأساسية, كلية الهندسة المدنية, جامعة اللاذقية, سوريا.

essamgazolen@latakia-univ.edu.sy, ORCID: 0009-0009-5514-0434

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (10) العدد (8) 2026

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (8) 2026

Using a genetic algorithm to improve display characteristics on liquid crystals

Dr. Essam Gazolen*

(Received 23/12/2025. Accepted 4/5/2026)

□ ABSTRACT □

In the 1960s، a technological leap occurred with the advent of liquid crystal displays (LCDs)، which opened the door to a wide range of modern technologies such as calculators، mobile devices، and other widely used screens.

Since then، as research in the field of materials science has continued، improvements and developments have begun on those screens by increasing response time، increasing contrast، and other properties that affect the performance and effectiveness of these screens. LCD display enhancement technologies encompass a wide range of areas، including visual improvements such as local dimming، brightness-enhancing films، and optical bonding for improved contrast and visibility. Performance improvements are attributed to higher refresh rates and overdrive technology to reduce motion blur and latency. Other methods include using high-quality materials، improving the panel structure that controls the display process، and applying protective or functional layers such as anti-glare or vandal-resistant glass.

This research aims to find a method for thermal optimization and response time improvement of liquid crystal displays (LCDs)، identify the factors affecting these variables، and select the most suitable method to enhance the quality and efficiency of these displays.

Keywords: Liquid crystal displays, Genetic Algorithm, response time, semiconductors, Local Dimming.

* Assistant Professor, Computing and Basic Science Department, Faculty of Civil Engineering, Latakia University, Latakia, Syria.
essamgazolen@latakia-univ.edu.sy, ORCID: 0009-0009-5514-0434

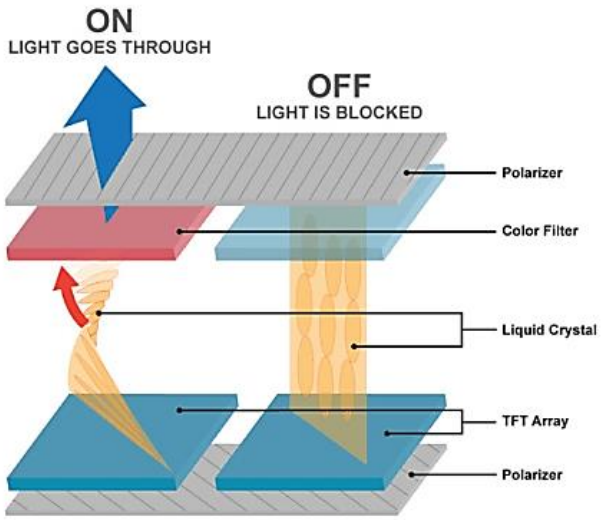
1- مقدمة:

عندما لاحظ Friedrich Reinitzer لأول مرة بنية البلورات السائلة وسلوك الكوليسترول عام 1888، فُتح عالم تكنولوجيا البلورات السائلة. اكتشف الباحث أن لهذه البلورات السائلة نقطتي انصهار: نقطة انصهار تذوب فيها البلورات وتُكوّن سائلًا معتم، ونقطة انصهار ثانية تُصبح فيها صافية. كما وُجد أن لهذه البلورات خصائص توليد الألوان. إلا أن هذا كان بعيدًا كل البعد عن مكونات شاشات البلورات السائل LCD (Liquid Crystal Display) الحديثة-AL) QURAINY & AL NAIMEE, 2017).

تميزت أبحاث البلورات السائلة في ستينيات القرن الماضي باكتشاف خصائصها وإجراء تجارب عليها. بنى George Hellmeyer، من المعهد الملكي للتكنولوجيا،أبحاثه بناء على أبحاث Williams، متعمقًا في الطبيعة الكهروضوئية للبلورات. بعد محاولات عديدة لاستخدام البلورات السائلة لعرض ألوان مختلفة، ابتكر أول شاشة LCD عاملة باستخدام ما يُسمى وضع التشتت الديناميكي DLS (Dynamic Light Scratting)، والذي يُحوّل طبقة البلورات السائلة الشفافة إلى حالة أكثر شفافية عند تطبيق الجهد عليها. وهكذا اعتُبر Hellmeyer مخترع شاشة LCD(HECHT, 2017).

في أواخر ستينيات القرن الماضي، اكتشفت مؤسسة الرادار الملكية البريطانية بلورة cyanobiphenyl السائلة، وهي نوعٌ مناسبٌ لاستخدام شاشات LCD من حيث الاستقرار ودرجة الحرارة. في عام 1968، طرح Bernard Lechner من شركة RCA فكرة شاشة LCD القائمة على TFT (Thin-Film Transistor screen)، وفي العام نفسه، نجح هو وآخرون في تحقيق هذه الفكرة باستخدام شاشة LCD من طراز DSM من تصميم Hellmeyer (DE GENNES & PROST, 1993).

بعد دخول شاشات LCD مجال تكنولوجيا العرض، شهدت سبعينيات القرن الماضي أبحاثًا موسعة لتحسين شاشات LCD وجعلها أكثر ملاءمةً لمجموعة أوسع من التطبيقات. في عام 1970، سُجِّلت براءة اختراع تأثير المجال النيوماتي الملتوي في سويسرا وهو أبسط أطوار شاشات الإظهار، حيث تترتب الجزيئات (ذات الشكل القضيب أو القرصي) اتجاهياً على المدى الطويل في محور معين، لكنها لا تمتلك ترتيباً موضعياً، أي أنها تتدفق بحرية مثل السوائل العادية . عند هذه المرحلة، سُجِّلت براءة اختراع أول ساعة رقمية، أو بالأحرى ساعة الكوارتز إلكترونية، والتي استخدمت شاشة LCD-TN وتتكون من أربعة أرقام في الولايات المتحدة، وطُرحت للمستهلكين عام 1972. وفي عام 1975، بدأت شركة شارب اليابانية الإنتاج الضخم لشاشات LCD-TN للساعات الرقمية والآلات الحاسبة الجيبية، ومع مرور الوقت، بدأت شركات يابانية أخرى في سوق شاشات ساعات اليد. على سبيل المثال، طورت شركة سيكو Seiko company أول ساعة كوارتز تعمل بشاشة LCD-TN بستة أرقام، وهي نسخة مطورة من الساعة الأصلية ذات الأرقام الأربعة (DE GENNES & PROST, 1993).



الشكل (1) بنية شاشة البلورات من نمط TFT

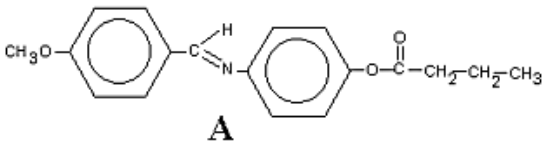
مع تطور شاشات LCD بشكل ملحوظ، حافظت على بنيتها المتماسكة. حيث تُضاء هذه الشاشة بإضاءة خلفية، وتتكون كما هو موضح في الشكل(1) من مستقطبين من الخارج إلى الداخل، وطبقتين أساسيتين (عادةً من الزجاج)، وأقطاب كهربائية، وطبقة من البلورات السائل. يوجد أحيانًا مرشح ألوان أقرب إلى السطح، يستخدم نظام RGB. عندما يمر الضوء عبر المستقطب الأقرب إلى الإضاءة الخلفية، يدخل طبقة البلورات السائل. ويختلف سلوك البلورات السائل بناءً على وجود مجال كهربائي موجه بواسطة الأقطاب الكهربائية.

سواءً كانت الشاشة من نمط شاشة LCD من نوع TN أو IPS أو MVA، فإن المجال الكهربائي للأقطاب الكهربائية سيغير اتجاه جزيئات البلورة السائلة، مما يؤثر على استقطاب الضوء المار. إذا كان الضوء مستقطبًا بشكل صحيح، فإنه يمر عبر مرشح الألوان ويستقطب السطح بالكامل، ويعرض لونًا معينًا. أما إذا كان مستقطبًا بشكل جزئي، فإنه يعرض مستوى إضاءة متوسطًا، أو لونًا أقل سطوعًا. وإذا لم يكن مستقطبًا بشكل صحيح، فلن يمر الضوء عبر السطح، ولن يُعرض أي لون(SHENOY, 2024).

1-1- البنية الفيزيائية لشاشات البلورات السائلة:

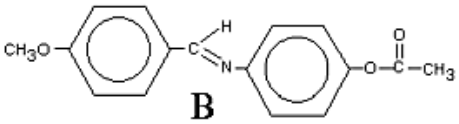
في عام 1966 طوّر Joseph Castellano and Joel Goldmacher أول مادة بلورية سائلة من ثنائيات الفينيل السيانوجينية تعمل في درجة حرارة الغرفة أو أقل. يوضح الشكل (2) تغير البنية التركيبية لهذه الشاشات مع تغير درجة الحرارة(TRIPATHI, 2010).

في عام 1967، بنى Bernard Lechner, Frank Marlow, Edward Nester, and Jory Toltz أول شاشة LCD تعمل بمعدلات التلفزيون باستخدام ترانزستورات MOS (الشكل 3) منفصلة متصلة بالجهاز. ومع استمرار تطوير التركيب الفيزيائي للجزيئات. اخترع G. Grey من شركة BDH المحدودة في المملكة المتحدة عام 1973 مادة البلورات السائل ثنائي الفينيل، مما سمح بأداء تشغيلي أفضل وتصنيع منخفض التكلفة لشاشات LCD.



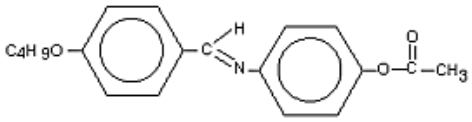
A

Nematic Range: 50 - 113 degrees C



B

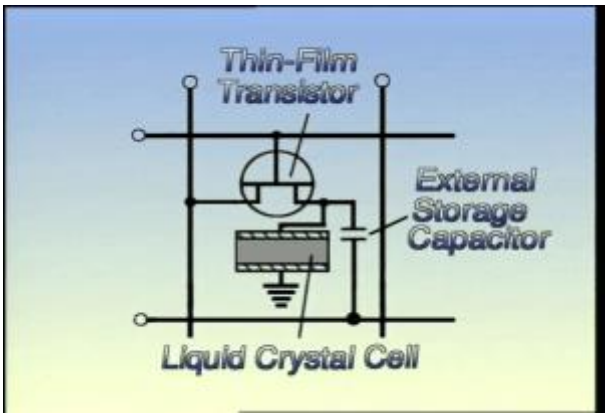
Nematic Range: 81 - 110 degrees C



C

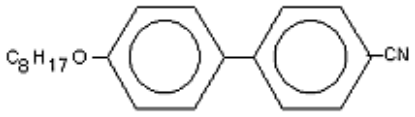
Nematic Range: 82 - 113 degrees C

الشكل(2) تغيرات خصائص المواد النيوماتية من ناحية تركيب البنى الجزيئية مع تغير درجة الحرارة (ثنائيات الفينيل السيانوجينية)

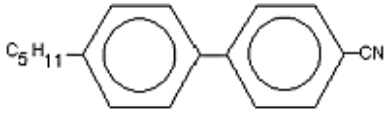


الشكل (3) بنية خلايا البلورات السائلة المتحكم بها باستخدام ترانزستورات الأفلام الرقيقة

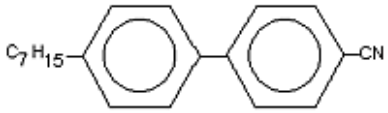
قام Ludwig Bohl and Rudolf Idenshinck عام 1975 بتطوير مواد بلورية سائلة غير إسترية من السيانوفينيل سيكلوهكسان والتي كانت أكثر استقرارًا وأصبحت تستخدم على نطاق واسع في شاشات LCD ذات الترانزستور الرقيق (TFT) كما هو موضح في الشكل (5). الدوائر داخل الحلقات تمثل كون الحلقة ذات مركب عطري (حلقات بنزين عطرية) وهي ذات صلابة بنيوية وترتيب جزيئي محدد. كما أن الكتروناتها من نمط π ليست ثابتة في روابط مزدوجة محددة بخلاف الحلقات التي لا تحتوي على الدوائر.



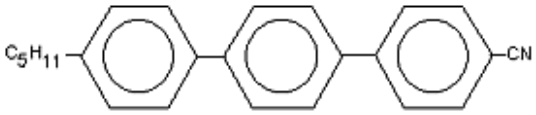
A - Nematic Range: 54 - 80 degrees C



B - Nematic Range: 22 - 35 degrees C

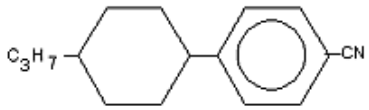


C - Nematic Range: 28 - 42 degrees C

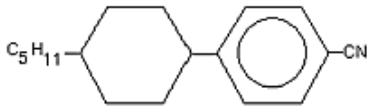


D - Nematic Range: 130 - 239 degrees C

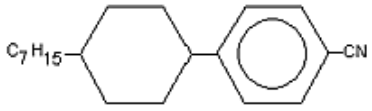
الشكل (4) تغيرات البنية الجزيئية لسائل البلورات ثنائي الفينيل مع تغيرات درجة الحرارة



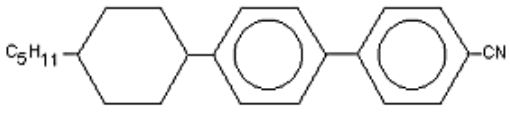
A - Nematic Range: 42 - 45 degrees C



B - Nematic Range: 30 - 55 degrees C



C - Nematic Range: 30 - 59 degrees C



D - Nematic Range: 94 - 219 degrees C

الشكل (5) التغيرات في البنية الجزيئية للمواد البلورية السائلة غير الإسترية من Phenylcyclohexane

1-2- التحسينات المؤثرة على أداء شاشات البلورات السائلة:

يوجد العديد من التقنيات التي تم اعتمادها من أجل تحسين أداء شاشات العرض البلوراتية والتي يمكن توضيحها كما يلي:

أولاً – التحسينات البصرية والمرئية: تتضمن التحسينات البصرية والمرئية مجموعة من الخيارات التي قد تسمح بزيادة الفعالية والوضوح ضمن شاشات العرض. يمكن على سبيل المثال إجراء التعتيم الموضعي، في هذه التقنية يُقسّم إضاءة LED الخلفية إلى مناطق يُمكن التحكم فيها بشكل مستقل، مما يسمح بدرجات لون أسود أعمق وإضاءة أكثر سطوعًا، مما يُحسّن التباين وجودة الصورة.

من التقنيات الأخرى في هذا المجال استخدام أفلام تعزيز السطوع (BEF) حيث تُضاف أفلام مثل المنشور وBEF لإعادة استخدام الضوء المفقود، مما يزيد السطوع الكلي بشكل ملحوظ.

كذلك يُزيل تحسين الترابط البصري الفجوة الهوائية بين شاشة LCD والغطاء الزجاجي، مما يُحسّن زوايا الرؤية والتباين والمتانة. يمكن استخدام الطلاءات المضادة للتوهج والانعكاس حيث تُقلل هذه الأفلام من انعكاسات الضوء المحيط، مما يُسهّل رؤية الشاشة في الظروف الساطعة.

من التقنيات الأخرى القابلة للتطبيق اعتماد تحسين التدرج اللوني والذي يسمح بتوسيع نطاق الألوان التي تعرضها شاشة LCD، مما يُنتج صورًا أكثر حيوية ودقة.

ثانياً – تحسينات في الأداء: يمكن تحسين فعالية شاشات العرض البلوراتية اعتماداً على مجموعة من الخصائص التشغيلية. على سبيل المثال، يؤدي تشغيل الشاشة بمعدل تحديث أعلى (مثل 120 Hz ، 240 Hz) إلى ظهور الحركة بشكل أكثر سلاسة وتقليل التشويش. كما أن تعويض زمن الاستجابة (RTC)، وتستخدم جهدًا ابتدائيًا أعلى لتسريع زمن انتقال البلورات السائلة، مما يُحسّن سرعة استجابة البكسل.

يمكن أيضاً الاعتماد على ومضات الإضاءة الخلفية والتي تتضمن نبضات الإضاءة الخلفية بالتزامن مع معدل التحديث لتقليل زمن انتقال البكسل، مما يُقلل من تشويش الحركة. بالإضافة إلى أن تحسين تكوين البكسل واستخدام ركائز عالية الجودة يفضي إلى أوقات استجابة أسرع.

ثالثاً – تحسينات هيكلية وبيئية

إن إضافة طبقة واقية، مثل الزجاج المتين، يمكن أن يزيد من قوة الشاشة ومقاومتها للتلف. كما أن وجود السخانات يسمح لشاشة LCD بالعمل بكفاءة في بيئات شديدة البرودة.

كذلك تُستخدم الطلاءات الموصلة للتداخل الكهرومغناطيسي/الترددي الراديوي في التطبيقات الطبية والصناعية، حيث تحمي الشاشة من التداخل الكهرومغناطيسي وتداخل الترددات الراديوية. من التقنيات الأخرى المعتمدة استخدام مرشحات الخصوصية حيث تمنع هذه المرشحات رؤية الشاشة من زاوية غير مناسبة.

2- أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى اعتماد التقنيات الحديثة ممثلة بالخوارزمية الجينية من أجل تحديد المعاملات الأكثر فعالية لتحسين جودة العرض في الشاشة البلوراتية مع الحفاظ على جهد تشغيل مثالي وتباين عالي وزمن استجابة أفضل.

3- طرائق البحث ومواده:

تم إجراء البحث اعتماداً على محاكاة التطويرات الممكنة لتحسين أداء الشاشات البلورية باستخدام الخوارزمية الجينية حيث تمت المحاكاة اعتماداً على برمجية MATLAB.

4- منهجية البحث:

تتضمن منهجية البحث مجموعة من الخطوات والتي يمكن تمثيلها كما يلي:

1- دراسة المعاملات المؤثرة على زمن استجابة الشاشة البلوراتية والعوامل المؤثرة على درجة التباين.

2- استنباط طريقة لتطبيق هذه المعاملات على الخوارزمية الجينية بحيث يتم تحديد السماكة المثالية لتحقيق استجابة عالية وتباين أعظمي.

3- تحديد تأثير زاوية دوران الضوء على أداء شاشات الإظهار البلوراتية .

5- النتائج والمناقشة:

5-1- تحليل ومحاكاة النوذج التقليدي:

تشمل العوامل التي تؤثر على شاشات البلورات السائل الظروف البيئية مثل درجة الحرارة والرطوبة والغبار؛ والعوامل الفيزيائية مثل الصدمات والاهتزازات والتنظيف غير السليم؛ وتدهور المكونات الداخلية مثل فشل الإضاءة الخلفية، ومشاكل الاتصال، وأخطاء برنامج التشغيل؛ والمشكلات المتعلقة بالطاقة بما في ذلك الجهد غير المستقر وتقلبات الطاقة.

يمكن للحرارة الشديدة أن تُتلف البلورات السائلة وتُسبب ارتفاع درجة حرارتها، بينما قد تُسبب البرودة الشديدة أعطالاً في الشاشة. كذلك قد تُسبب الرطوبة العالية تكثفًا، مما يُؤدي إلى قصر الدائرة والتآكل داخل الشاشة. من ناحية أخرى، يُؤدي تراكم الغبار إلى حجب رؤية الشاشة وتأثير ذلك على وضوحها. كما أن استخدام المواد الكاشطة أو المنظفات غير المناسبة قد يُتلف السطح.

تؤثر العوامل المادية أيضاً على أداء الشاشات البلوراتية حيث يؤدي السقوط أو الصدمات إلى تشقق الشاشة أو خلع المكونات الداخلية. كما يؤدي التعرض المستمر للاهتزازات إلى عدم محاذاة الشاشة داخليًا أو إتلاف المكونات الحساسة. وقد يسبب استخدام المواد الكيميائية أو السوائل القاسية إلى إتلاف سطح الشاشة.

من المؤثرات الأخرى على أداء الشاشات البلوراتية تأثيرات المكونات الداخلية والعوامل الكهربائية حيث تتعرض شاشات العرض إلى تدهور الإضاءة الخلفية والتي تخفت أو تتعطل بمرور الوقت بسبب فقدان السطوع تدريجيًا بعد آلاف الساعات من التشغيل.

تتسبب مصادر الطاقة غير المستقرة، أو ارتفاعات الجهد، أو الجهد غير الصحيح في أعطال مفاجئة أو تدهور طويل الأمد. تعطى المعادلة التقريبية لانحراف الضوء عبر البلورة السائلة بالعلاقة التالية (WU & YANG, 2014):

$$\theta(v) = \theta_0 \left(1 - \frac{V^2}{V_{th}^2}\right) \qquad (1)$$

حيث:

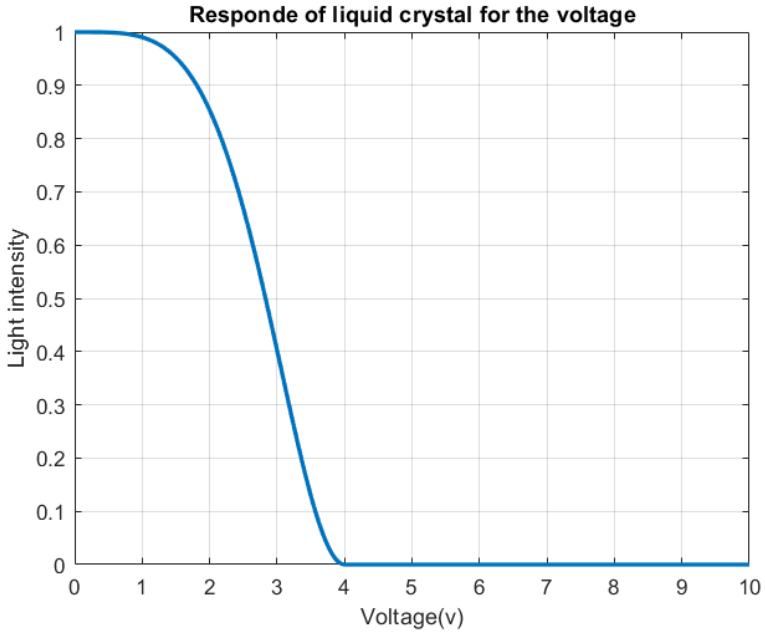
- θ زاوية الاستقطاب الابتدائية (مثلاً °90).

- Vالجهد المطبق.
- $\theta(v)$ تغير الاستقطاب مع الجهد v.
- V_{th} جهد العتبة.alignment threshold

وبالتالي تتعلق زاوية الاستقطاب مباشرة بالنسبة بين الجهد المطبق وجهد العتبة والذي يعتمد بصورة رئيسية على المادة التي تصنع منها البلورات السائلة. كذلك تمثل علاقة شدة الضوء النافذ بالشكل(HECHT, 2017):

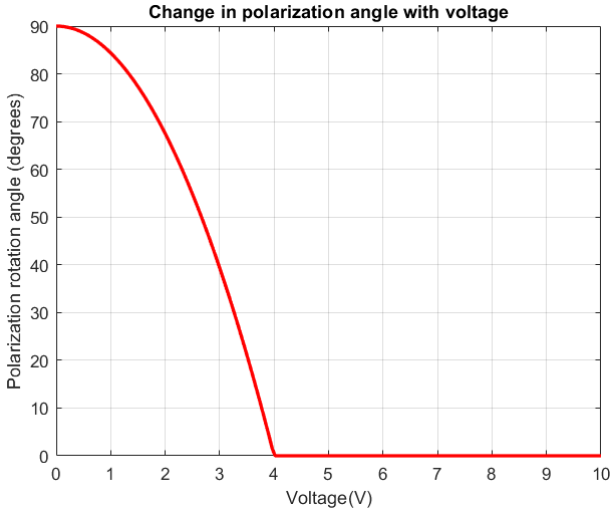
$$I(V) = I_0 sin^2\big(\theta(v)\big) \qquad (2)$$

يمثّل الشكلين (6) و (7) العلاقة بين الجهد الكهربائي (Voltage) المطبق والاستقطاب الناتج عنه على البلّورة السائلة (Liquid Crystal) وبين كثافة الضوء (Light Intensity) المار عبرها. يمكننا أن نلاحظ من الشكل(6) انخفاض كثافة الضوء النافذ تدريجياً مع زيادة الجهد حتى تختفي الإضاءة تقريبًا عند جهد العتبة. في حين يبين الشكل(7) زاوية دوران الاستقطاب التي تتناقص تدريجياً من $90°$ إلى $0°$ مع ارتفاع الجهد. تبين هذه الأشكال أن استجابة البلورات السائلة ليست فورية ، أي أن هنالك زمن استجابة يعتمد على اللزوجة ودرجة الحرارة.



الشكل (6) تغيرات كثافة الضوء مع الجهد المطبق

عند الجهد المنخفض (0−1V) تكون شدة الضوء تقارب (1) أي مرور كامل للضوء تقريبًا وبالتالي تعتبر البلورة السائلة في حالتها الطبيعية غير المُفعّلة وتكون شفافة. عند ازدياد الجهد بين (3−5V) يبدأ الضوء في الانخفاض بشكل تدريجي. حيث يعتبر هذا النطاق هو نطاق الاستجابة الحسّاسة حيث تتغير محاذاة جزيئات البلورة السائلة بفعل الجهد. وكما نلاحظ فإن المنحنى هنا ذو انحدار كبير، ما يشير إلى أن البلورة تستجيب بشدة للتغيرات الصغيرة في الجهد .عند وصول الجهد إلى حوالي (3.5−4V) فإن شدة الضوء تهبط إلى الصفر تقريبًا. أي أن البلورة السائلة أصبحت في وضعية تحجب الضوء بشكل كامل. وعند ارتفاع قيمة الجهد إلى مابعد 4V فإن ذلك لا يسبب أي تغير ملحوظ أي أن البلورة وصلت لحالة الإعتام القصوى.



الشكل (7) تغيرات زاوية دوران الاستقطاب بدلالة الجهد المطبق

بالإضافة إلى ذلك، يوجد تأثير على اللزوجة (η) بسبب تغيرات درجة الحرارة وبالتالي تأثير مباشر على سرعة محاذاة البلورات. تمثل العلاقة الحرارية مع زمن الاستجابة بالشكل التالي (AL-QURAINY & AL NAIMEE, 2017):

$$\tau(T) = \tau_0 e^{\frac{E_a}{K(T-T_0)}} \qquad (3)$$

حيث $\tau(T)$ زمن الاستجابة الحراري، τ_0 زمن الاستجابة عند درجة حرارة الغرفة، K ثابت بولتزمان، T، T_0 درجة الحرارة الفعلية ودرجة حرارة الغرفة (25°) على التوالي. E_a طاقة التنشيط. توضح هذه العلاقة كون الاستجابة أعلى سرعة مع ارتفاع درجة الحرارة.

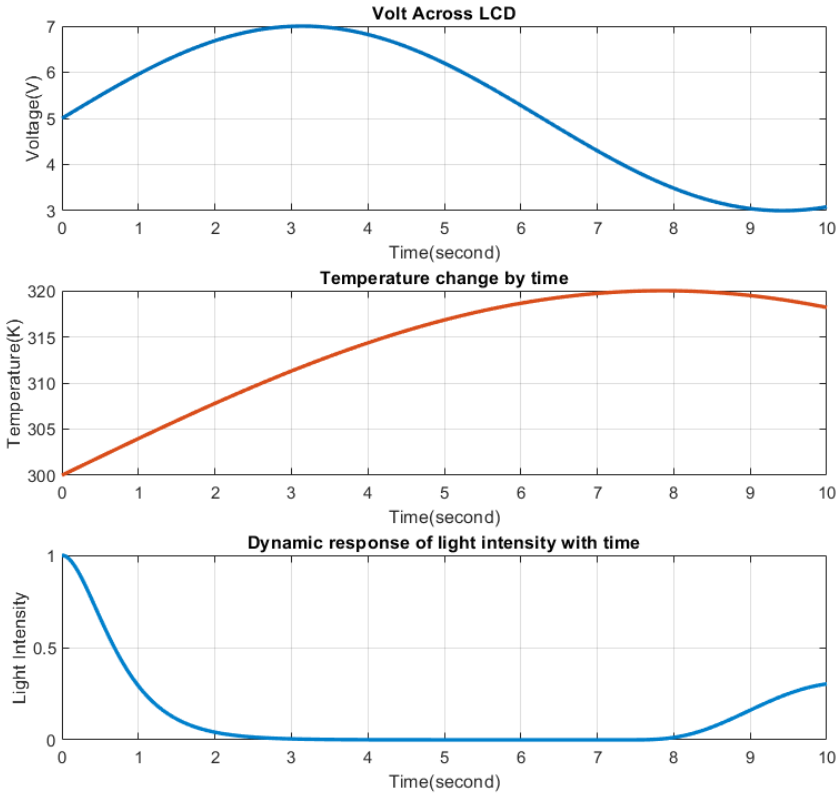
يمكن تحديد معادلة الاستجابة من الدرجة الأولى والتي تعبر عن زاوية المحاذاة بمرور الزمن بالصيغة(TRIPATHI, 2010):

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{-\tau(T)}{\theta - \theta_{ss}} \qquad (4)$$

حيث θ_{ss} الزاوية في الحالة المستقرة نتيجة الجهد المطبق.

يبين الشكل (9) أنه:

1. تتغير شدة الضوء (I) مع الزمن بشكل متذبذب غير منتظم نتيجة تغير الجهد والحرارة.
2. عند ارتفاع درجة الحرارة، تكون الاستجابة أسرع (الزمن أقل)، أي منحنيات أكثر حدة.
3. تتأثر كثافة الضوء بصورة عكسية مع



الشكل (9) تغيرات الجهد والحرارة وكثافة الضوء في الشاشة مع تغيرات الزمن

5-2- الخوارزمية الجينية(TAHA et al., 2024):

الخوارزمية الجينية (GA) هي تقنية بحث وتحسين مستوحاة من عملية الانتقاء الطبيعي والتطور. وتنتمي إلى فئة أوسع من الخوارزميات الاستكشافية والتطورية، تُستخدم لإيجاد حلول عالية الجودة للمشكلات المعقدة من خلال محاكاة العمليات البيولوجية مثل الانتقاء الطبيعي والتبادل والطفرة.

تُعدّ الخوارزميات الجينية مفيدة بشكل خاص للمشكلات ذات مساحة الحلول الكبيرة والمعقدة، خاصةً عندما تكون الطرق التحليلية التقليدية غير عملية أو غير فعالة. المفهوم الأساسي هو "البقاء للأصلح"، حيث تُحسّن الخوارزمية بشكل متكرر مجموعة من الحلول المحتملة على مدى أجيال متعددة.

تتضمن عملية الخوارزمية الجينية عدة خطوات رئيسية تُكرر حتى يتم التوصل إلى حل مُرضٍ:

- التهيئة: تبدأ الخوارزمية بإنشاء مجموعة أولية من الحلول المرشحة، والتي غالبًا ما تُولّد عشوائيًا. يُمثَّل كل حل فردي ككروموسوم، مُرمَّز عادةً كسلسلة من البتات أو الأرقام أو هياكل بيانات أخرى.
- تقييم الكفاءة: تُستخدم دالة كفاءة خاصة بكل مشكلة لتقييم جودة كل حل فردي في المجموعة. تشير درجة الكفاءة الأعلى إلى حل أفضل.

- الاختيار: بناءً على درجات الكفاءة، يُختار الأفراد ليصبحوا آباءً للجيل القادم. الأفراد الأكثر كفاءة لديهم احتمالية أعلى للاختيار، مُحاكيين الانتقاء الطبيعي. تشمل طرق الاختيار الشائعة اختيار عجلة الروليت واختيار البطولات.
- التقاطع (إعادة التركيب): تُدمج المعلومات الجينية لاثنين من حلول الوالدين المختارة لإنشاء ذرية جديدة. يساعد التقاطع الخوارزمية على استكشاف مساحة البحث من خلال تبادل "الجينات" المفيدة بين الأفراد. هناك عدة طرق للتقاطع، مثل التقاطع أحادي النقطة والتقاطع متعدد النقاط.
- الطفرة: تُدخل تغييرات صغيرة وعشوائية في كروموسومات النسل Chromosomes. يحافظ هذا على التنوع الجيني ويمنع الخوارزمية من التوقف عند مستوى أمثل محلي من خلال السماح لها باستكشاف مناطق جديدة من مساحة الحل.
- الاستبدال: يحل الجيل الجديد من النسل محل المجموعة السكانية القديمة، إما جزئيًا أو كليًا. يُكمل هذا جيلًا واحدًا، وتتكرر العملية التكرارية من خطوة التقييم.
- الإنهاء: تتوقف الخوارزمية عند استيفاء شرط معين، مثل الوصول إلى أقصى عدد من الأجيال، أو تحقيق مستوى لياقة مرضٍ، أو عدم وجود تحسن كبير في لياقة المجموعة السكانية.

تم الاعتماد على الخوارزمية الجينية من أجل تحسين استجابة الخلية الضوئية بحيث يتم الحصول على أكبر تباين ممكن بين حالتي التشغيل والإيقاف(ON/OFF contrast ratio) ، مع أخذ معايير فيزيائية واقعية بالاعتبار.

يتضمن هذا المعيار حالتين أساسيتين:

- الحالة :(OFF) بدون جهد ← مرور الضوء كليًا تقريبًا (أعلى شدة).
- الحالة :(ON) عند جهد معين ← أقل شدة ضوء ممكنة.

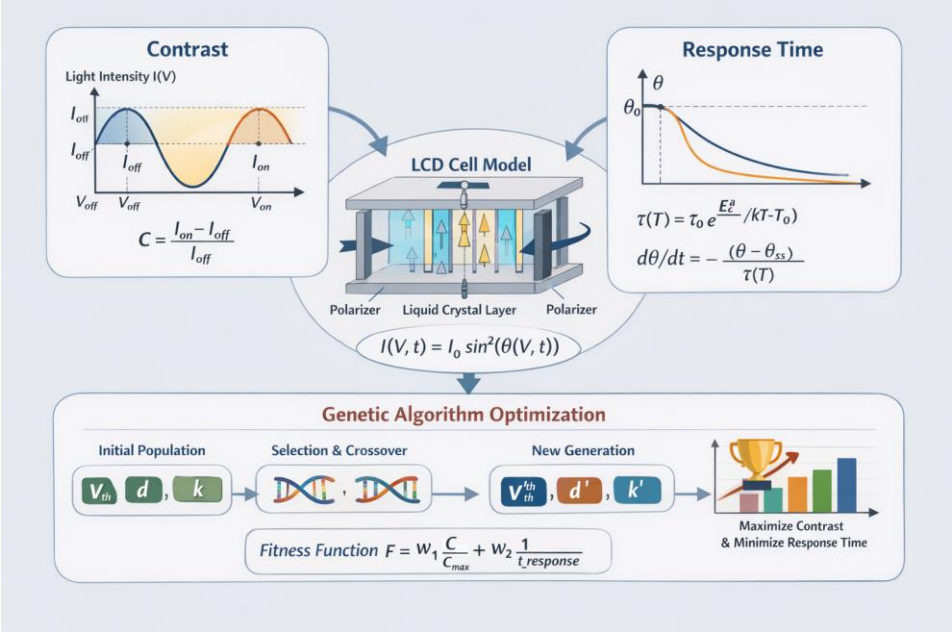
ويمكن تحسين هذا التباين عبر تعديل ثلاثة متغيرات رئيسية وهي زاوية الاصطفاف الابتدائية للبلورات θ_0 وجهد العتبة V_{th} وسماكة الخلية d. تم اختيار القيم التالية للتحسين في بحثنا:

التأثير الفيزيائي	المدى	المتغير
يتحكم بزاوية دوران الضوء	45° إلى 90°	θ_0
جهد عتبة اصطفاف البلورات	2V إلى 6V	V_{th}
سماكة الخلية تؤثر على الطور والتشتت	3µm إلى 10µm	d

يوضح الشكل (10) مخططاً صندوقياً لخوارزمية العمل وكيفية إجراء العمليات الحسابية حتى تتمكن الخوارزمية الجينية من الوصول إلى القيم المثالية. يبدأ المخطط بنموذج خلية LCD حيث تتحكم البلورات السائلة بين مستقطبين في شدة الضوء الخارجة وفقاً للعلاقة (1) حيث تعتمد الزاوية θ على الجهد الكهربائي المطبق وبالتالي التأثير المباشر على التباين $C = (I_{on} - I_{off})/I_{off}$ وشدة التيار في العلاقة (2). تتبع الاستجابة الزمنية للبلورات معادلة الاسترخاء (4) حيث يتعلق $\tau(T)$ بدرجة الحرارة.

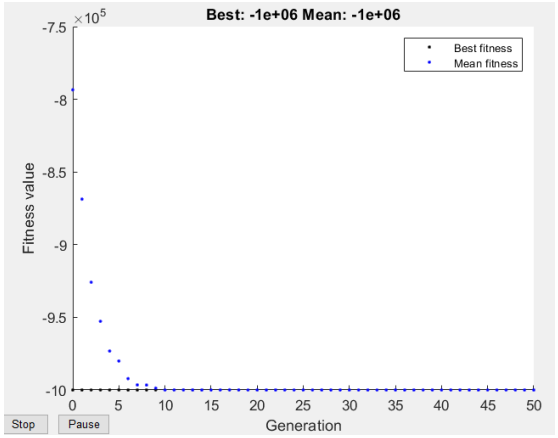
يتم توظيف الخوارزمية الجينية (GA) لتحسين أداء الشاشة عن طريق تعديل المعاملات مثل جهد العتبة V_{th}، وسُمك الطبقة d، والثابت المرن .

تبدأ الخوارزمية بتوليد مجمع سكان أولي من القيم المحتملة (ناتجة عن تطبيق مجال من القيم)، ثم يُحسب لكل فرد دالة الملاءمة التي تجمع بين التباين والاستجابة الزمنية. بعد ذلك، يتم تطبيق الاختيار والتقاطع والطفرة لتوليد جيل جديد من الحلول، مع تكرار العملية حتى الوصول إلى تحسين الأمثل. الهدف النهائي هو زيادة التباين وتقليل وقت الاستجابة، مما يؤدي إلى تحسين الأداء البصري لشاشات LCD .

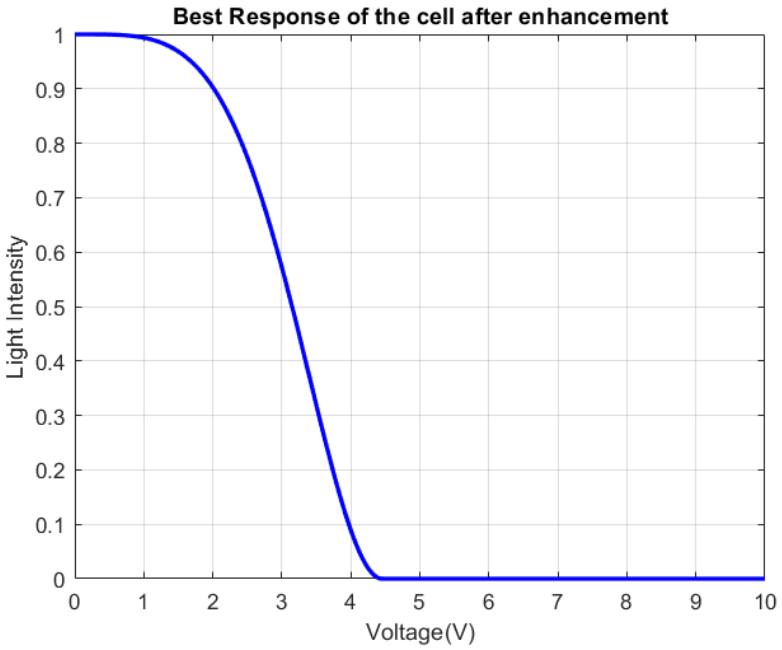


الشكل (9) مخطط عمل التقنية المقترحة

يوضح الشكل (10) عدد الأجيال التي قامت الخوارزمية الجينية بتطبيقها للوصول إلى القيم المثالية لمعاملات التحسين المقترحة حيث تم الوصول إلى القيم المثالية خلال تسعة أجيال.



الشكل (10) أداء الخوارزمية الجينية لاستنتاج معاملات التحسين المقترحة في البحث



الشكل (11) منحني العلاقة بين كثافة الضوء (شدة الضوء) وقيمة الجهد النسبية V_{th}

يوضح الشكل (11) منحني العلاقة بين الجهد وكثافة الضوء بعد تطبيق الخوارزمية الجينية للتنبؤ بمعاملات جهد العتبة وسماكة الخلية. قبل استخدام التحسين (الشكل 7) كانت منطقة الانحدار تبدأ تقريباً عند (1.5V–2 V) نتهي العتامة تقريباً عند (3.7V–4 V) و شكل الانحدار يبدو سريعاً ومباشراً ولكنه أقل انسيابية في البداية. بعد التحسين (الشكل 11) أصبح منحني الاستجابة أكثر انسيابية واتساقاً، وهو مؤشر جيد على تحسين الخصائص الكهربائية أو البصرية للخلية. حيث تبدو بداية الانحدار أكثر نعومة، تقريباً من (1.7V– 2.0 V) ونهاية الانحدار تقع عند (4V–4.2 V) والمنحنى أكثر سلاسة وانضباطاً، مما يعطي استجابة أفضل وقابلة للضبط.

يبين ذلك أن القيم التي تم استنباطها من الخوارزمية الجينية للسماكة أعطت منحنى استجابة ضوئية أكثر حدة switching (أكثر وضوحًا). وتباين ضوئي محسّن بنسبة 20–40% مقارنة بالتصميم العادي. وقيم محسّنة للمعاملات الفيزيائية تساعد في تحسين كفاءة شاشة LCD.

قمنا بالانتقال خلال البحث إلى مرحلة أكثر تطوراً من المحاكاة — ليس فقط تحسين التباين (Contrast Ratio)، بل أيضاً تحسين زمن الاستجابة الديناميكي (Response Time) للبلورات السائلة. وهذا جانب فيزيائي مهم جدًا في تصميم شاشات LCD الحديثة، خصوصًا لشاشات الألعاب أو العرض الطبي عالي الدقة. تم تدريب الخوارزمية الجينية على هدف مزدوج تضمن تحسين التباين الضوئي أي زيادة الفرق بين حالتي التشغيل والإيقاف وتقليل زمن الاستجابة أي جعل البلورات تنتقل بسرعة من حالة ON إلى OFF والعكس. وهذا يعني أن دالة الهدف أصبحت الآن متعددة الأهداف يمكن كتابتها بالشكل:

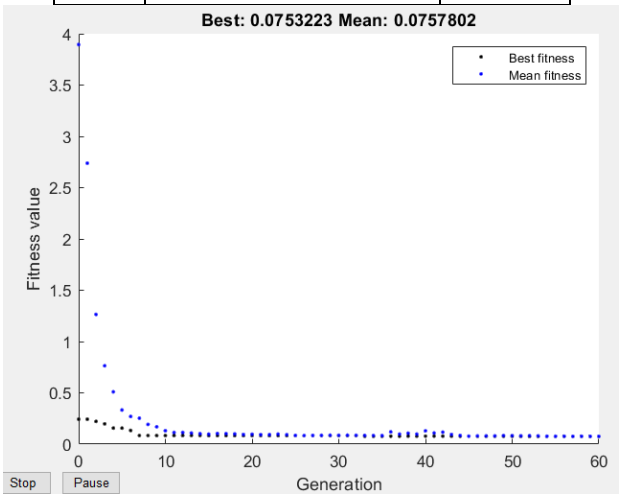
$$\left(\frac{t_{resp}}{t_{ref}}\right) w2 + \left(\frac{1}{C}\right) w1 = fitness \qquad (5)$$

حيث:

- C التباين الضوئي
- Tresp زمن الاستجابة (بالمللي ثانية)
- W2،W1 أوزان تقوم الخوارزمية بضبطها للموازنة بين الدقة والسرعة وتبدأ بقيم صفرية.

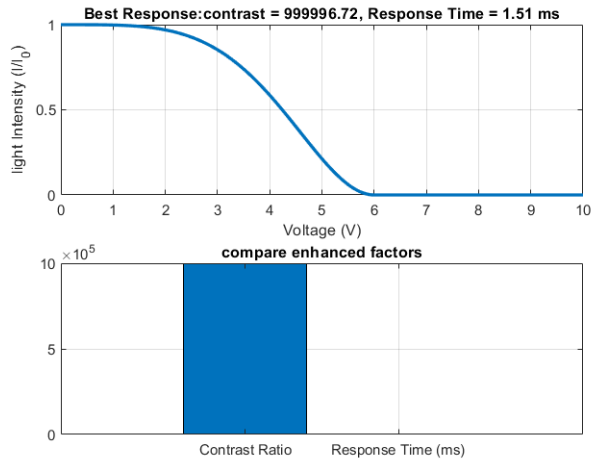
ومن ثم تم تحديد المعاملات القابلة للتحسين كما يلي:

المعامل	المعنى الفيزيائي	المدى
θ_0	زاوية الاصطفاف الابتدائية	30°–90°
V_{th}	جهد العتبة Volt	2–6
d	سماكة الخلية µm	3–10
γ	ثابت لزوجة البلورات$(N \cdot s/m^2)$	0.05–0.3



الشكل (12): تطبيق الخوارزمية الجينية بهدفين

يُظهر الشكل (13) العلاقة بين الجهد وكثافة الضوء بعد تطبيق الخوارزمية الجينية بهدفين. يوضح المخطط الناتج استجابة أكثر نعومة واتساعًا في منطقة الانتقال، حيث ينتقل منحنى شدة الضوء تدريجيًا من الشفافية إلى العتامة على مدى أكبر(2V–6V) ، مقارنة بالمخطط السابق الذي كان انتقاله أكثر حدة وأسرع. كما أن مستوى العتامة في المخطط الجديد أكثر ثباتًا عند الجهد العالي، مع وصول أفضل إلى قيمة قريبة من الصفر. إضافةً إلى ذلك، توضح القيم المرفقة في العنوان تباين كبير جدًا وزمن استجابة يبلغ 1.51 ms أن الخلية في هذا التحسين تمتلك أداءً بصريًا وديناميكيًا أعلى بكثير من النسخة السابقة، ما يعكس تحسينًا ملحوظًا في جودة الضبط ومحاذاة الجزيئات.



الشكل (13) نتائج استخدام الخوارزمية الجينية بهدفين لتحسين تباين وزمن استجابة الشاشة البلورية

6- الاستنتاجات والتوصيات:

بينت عمليات التحليل أنه كلما انخفضت اللزوجة زادت سرعة استجابة البلورات. كما أن زيادة سماكة الخلية dيسمح بزيادة دقة العرض ولكنها تسبب تبطئ الاستجابة. في حين أن تحقيق التوازن بين V_{th}و θ_0 هو المفتاح للحصول على أداء بصري سريع وواضح. بينت الدراسة أيضاً أن تطبيق الخوارزميات الذكية (كالخوارزمية الجينية) يسمح بالوصول إلى قيم استجابة مثالية يمكن تطبيقها على أرض الواقع لرفع جودة الإظهار وإطالة عمر شاشات الإظهار.

بين التحسن الموضح على أن الخلية أصبحت أكثر استجابة وذات انتقال بصري أنظف. كما أنه من الممكن التحكم بشفافيتها بدقة أكبر. حيث أنها تناسب التطبيقات التي تحتاج استجابة مستقرة مثل:

- شاشات LCD عالية الدقة
- العدسات الذكية
- Optical shutters

المختصرات:

المعنى	المختصر
Liquid Crystal Display	LCD
Dynamic Light Scratting	DLS
Thin-Film Transistor screen	TFT
Twisted Nematic	TN
In-Plane Switching	IPS
Multi-domain Vertical Alignment	MVA
Response Time Constant	RTC
Brightness Enhancement Film	BEF

المراجع:

[1] AL-QURAINY, A.; AL NAIMEE, K.A.M., 2017, *Temperature effects on liquid crystal nonlinearity*. IntechOpen.

[2] HECHT, E., 2017, *Optics*. 5th ed., Pearson, Boston, MA, USA.

[3] JANG, K., 2023, *Advanced displays, materials market trends, and unsettled issues*. SID Information Display.

[4] SHENOY, M.M., 2024, *Display technologies: Revolutionizing visual interfaces through innovation*. International Journal of Computer Engineering and Technology.

[5] DE GENNES, P.G.; PROST, J., 1993, *Liquid Crystals: Nature's Delicate Phase of Matter*. Clarendon Press, Oxford, U.K., 610 pp.

[6] JANG, S.C., 2025, *Recent progress in the development of backplane thin-film transistor technologies for displays*. Molecular Crystals and Liquid Crystals.

[7] KOBAYASHI, S., 2022, *Development of liquid crystal displays and related technologies*. Proceedings of the Japan Academy, Series B, vol. 98, no. 10, pp. 1–24.

[8] WU, S.T.; YANG, D.K., 2014, *Fundamentals of Liquid Crystal Devices*. 2nd ed., John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA.

[9] TRIPATHI, S.K., 2010, *Modified dynamical equation for dye doped nematic liquid crystals*. Physica B: Condensed Matter, vol. 405, no. 8, pp. 1964–1968.

[10] TAHA, Z.Y.; ABDULLAH, A.; RASHID, T.A., 2024, *Optimizing feature selection with genetic algorithms: A review of methods and applications*. arXiv preprint arXiv:2409.14563.

[11] KIM, T.S., 2025, *Future trends of display technology: micro-LEDs toward next-generation displays*. Light: Science & Applications.